

Desafios da Impressão em Filamento ABS em Impressoras 3D de Baixo Custo

Ewerson S. Rodrigues¹, Matheus R. Ribeiro², Camilla M. Calil³, Alessandra M. Oliveira⁴, Flávia S. Bastos⁵

Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG

Resumo. A manufatura aditiva tem revolucionado a produção de materiais em diversas áreas, incluindo *design*, engenharia, educação e saúde. O presente estudo está inserido no âmbito do projeto de extensão LabMaker Multidisciplinar: Tecnologias 3D para Diversas Áreas, da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), que visa difundir a cultura *maker* em escolas, além de atender demandas internas, como a produção de modelos anatômicos para o ensino na área da saúde. Dentre os modelos produzidos, destacam-se as pelves impressas em 3D, desenvolvidas a partir de tomografias computadorizadas, processadas em softwares especializados para a posterior impressão. O material usado foi o ABS (acrilonitrila butadieno estireno), escolhido por sua resistência comparada a outros tipos de filamentos. Contudo, devido ao uso de impressoras de baixo custo e sem compartimento fechado, a impressão em ABS apresentou desafios relacionados à variação térmica, resultando no fenômeno de delaminação. Este trabalho visa propor uma solução para viabilizar a utilização deste filamento em impressoras abertas utilizando uma cobertura feita em papelão, buscando mitigar os erros que podem ocorrer durante o processo de impressão. Para isso, foram realizados testes de impressão com e sem a cobertura e com porcentagens de preenchimento distintas. Ao final, foram comparadas as qualidades das impressões e discutida a eficiência da cobertura em papelão.

Palavras-chave. ABS, Impressão 3D, Pelves, Cobertura, Papelão

1 Introdução

O processo de manufatura aditiva, também conhecido como impressão 3D, contribui para revolucionar todo um conceito de criação de materiais [4], como nas áreas de design [6] e engenharia civil [5]. Na área da educação, podem ser criadas propostas alternativas a fim de transmitir os conhecimentos das disciplinas, além das formas tradicionais já utilizadas. Elaboração de material didático [14], principalmente para o ensino de ciências [1], é apenas um dos exemplos da aplicabilidade da manufatura aditiva na educação. Além disso, pode-se citar a área de saúde como uma das grandes beneficiadas, viabilizando novas abordagens terapêuticas [7] e o ensino de anatomia [15], por exemplo. A possibilidade de imprimir modelos anatômicos, como ossos e órgãos, surge como alternativa à necessidade de obter corpos humanos para as aulas de anatomia.

Nessa perspectiva, o projeto de extensão LabMaker Multidisciplinar: Tecnologias 3d para Diversas Áreas, da UFJF foi criado para difundir a cultura *maker* para escolas e também no âmbito da universidade, tendo como alicerce a impressão 3d. Além dos cursos de engenharia, fazem parte do projeto alunos de outras áreas da universidade, como design e medicina, que desenvolvem cursos

¹ewerson.rodrigues@estudante.ufjf.br

²matheus.reis@estudante.ufjf.br

³mannarinocalil.camilla@estudante.ufjf.br

⁴alessandra.oliveira@ufjf.br

⁵flavia.bastos@ufjf.br

e atividades envolvendo softwares de modelagem 3d, juntamente à impressão 3d e à robótica. O projeto possui grande apelo à comunidade externa, em especial, alunos do ensino médio das escolas públicas da cidade, ao promover um primeiro contato destes com as tecnologias 3d [18]. Ademais, também se faz presente nas demandas internas da universidade, como na impressão 3d de modelos de pelvis para o auxílio às aulas de anatomia dos alunos da área da saúde.

Esses modelos são usados por estudantes de medicina, fisioterapia, enfermagem, farmácia e nutrição, por possuírem atividades práticas de anatomia, ministradas no anatômico do Instituto de Ciências Biológicas da UFJF. Considerando a disponibilidade restrita de corpos e ossos, os modelos 3d surgem como uma solução para possibilitar o estudo de peças anatômicas. Além do mais, a modelagem permite a reprodução de deformidades, por exemplo, aumentando a gama de modelos e cenários que podem ser avaliados pelos estudantes. Essa abordagem aproxima mais os alunos da prática e os torna mais capacitados para os atendimentos a pacientes no futuro.

O filamento ABS (acrilonitrila-butadieno-estireno) é comumente utilizado para impressões 3d, devido à sua resistência mecânica e durabilidade comparado a outros tipos de filamentos mais tradicionalmente usados, como o PLA [19]. Contudo, as impressoras 3d dispostas no laboratório são de baixo custo e de câmara aberta, o que ocasiona a falta de proteção contra ventos e, consequentemente, falta de retenção da temperatura durante a impressão, algo crucial para o ABS. Por ser um tipo de filamento mais sensível às variações térmicas, impressões em ABS utilizando impressoras 3d abertas são mais propensas ao fenômeno da delaminação [8]. Esta condição refere-se ao processo em que as camadas de uma peça impressa começam a se separar ou descolar umas das outras. Isso geralmente ocorre quando há falhas na adesão entre as camadas durante o processo de impressão, impactando significativamente na estrutura da peça [12]. Portanto, foi necessário criar uma solução que viabilizasse a impressão de modelos em ABS nas impressoras disponíveis no laboratório.

Com isso, o presente trabalho visa ilustrar os resultados obtidos com as impressões em filamento ABS utilizando uma cobertura feita de papelão para reduzir os efeitos da entrada de corrente de ar nas impressoras de câmara aberta.

2 Materiais e Métodos

Os modelos de pelvis foram criados a partir de tomografia computadorizada (TC) [2], a fim de obter uma melhor resolução e consequente detalhamento do modelo. As TCs geram um arquivo no formato DICOM e foram cedidas a partir da assinatura de Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) de pacientes do Hospital Monte Sinai, de Juiz de Fora - MG. Esses arquivos DICOM são transformados em modelos 3d a partir do software InVesalius [3], onde são exportados em formato STL. Em seguida, os modelos passam para o software MeshMixer [10], onde são realizadas correções de malha e remoção de partes não necessárias e, por fim, os modelos são colocados em um software fatiador que gera o arquivo de impressão.

2.1 Impressão 3D

Impressão 3d, ou manufatura aditiva, é uma tecnologia capaz de criar objetos físicos a partir das dimensões de um modelo digital fornecido por meio de um software, construindo o produto final a partir de um material base em camadas, formando o sólido final [16]. Atualmente, existem vários tipos de impressão tridimensional, dentre os quais podem ser listados: Estereolitografia (SLA); Sintetização seletiva a laser (SLS); Modelagem por deposição fundida (FDM) e Fabricação de objetos laminados (LOM) [11]. Para este trabalho, foi utilizado o método FDM, que consiste na distribuição do material derretido, geralmente um filamento plástico, sobre a mesa de impressão por meio de camadas. Este processo é repetido camada a camada até a formação do objeto físico

em sua totalidade [9]. Essa deposição em camadas ocorre através de coordenadas xyz, previamente mapeadas por um software fatiador, onde o modelo 3d do objeto que será impresso é preparado para impressão. Esse software gera todas as configurações para impressão do modelo, que podem ser alteradas a depender da necessidade, em um arquivo no formato *gcode*.

Após as correções no modelo realizadas no MeshMixer, este é exportado, ainda no formato STL, para o software fatiador. Para este trabalho, foi utilizado o PrusaSlicer[17]; contudo, a grande maioria dos *slicers* disponíveis é equivalentes. O software possui operações como movimentar a peça, rotacionar e alterar a escala, além de uma gama significativa de configurações mais avançadas. Com todas as configurações finalizadas, o modelo está pronto para ser fatiado, gerando o arquivo *gcode*. Este é transferido para um cartão microSD e, por fim, colocado na impressora. Com o cartão inserido na impressora, basta selecionar o arquivo no menu do cartão e iniciar a impressão.

Para os testes, foram considerados dois cenários de impressão: com e sem a utilização da cobertura de papelão, para fins de comparação quanto à qualidade de impressão da peça. Além disso, foram consideradas três porcentagens de preenchimento distintas: 25%, 20% e 5%, ilustradas na Figura 1. Como o modelo é extremamente irregular, também fez-se necessário adicionar configurações de suporte à peça a fim de manter sua estrutura durante a impressão. Em todas as impressões realizadas, a configuração de suporte utilizada foi do tipo árvore. Por fim, foi habilitado o escudo de proteção, uma configuração que cria uma parede ao redor da peça.

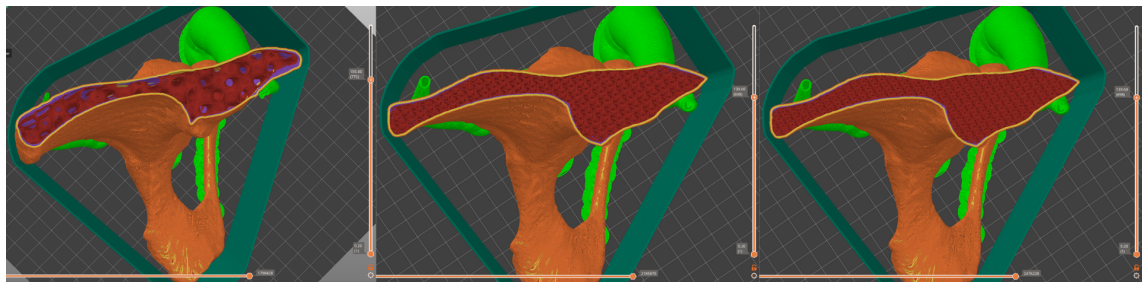


Figura 1: Arquivos *gcode* dos modelos das pelvis com 5%, 20% e 25% de preenchimento respectivamente. Fonte: o autor.

2.2 Cobertura provisória para a impressora

Para mitigar o problema da delaminação do filamento ABS, foi criada uma cobertura provisória para reter a temperatura ao redor da impressão e também impedir que correntes de ar atingissem a peça. Os materiais utilizados foram placas de papelão, com espessura de 3mm, e cantoneiras. As placas foram recortadas levando em consideração a altura, largura e profundidade da impressora que, neste caso, foi o modelo Tycoon Slim da marca Kywoo, ilustrado na Figura 2a. As cantoneiras foram modeladas utilizando o software Onshape[13] e impressas utilizando filamento PLA.

As dimensões de altura, largura e profundidade utilizadas para recortar as placas de papelão foram, respectivamente, 54,0cm X 53,0cm X 51,0cm. Após recortadas, as partes foram unidas pelas cantoneiras, como mostra a Figura 2b. Além disso, uma abertura foi recortada na parte frontal para facilitar a retirada das peças impressas. Para o fechamento superior, o papelão foi recortado em duas partes para se adequar ao suporte do carretel de filamento, que deve permanecer exterior à cobertura, evitando que o calor provoque alguma deformação no filamento.

Para as cantoneiras, foram desenhados um modelo inferior e outro superior, que possuem uma parte para apoiar a tampa da caixa. Esses modelos são mostrados na Figura 3.

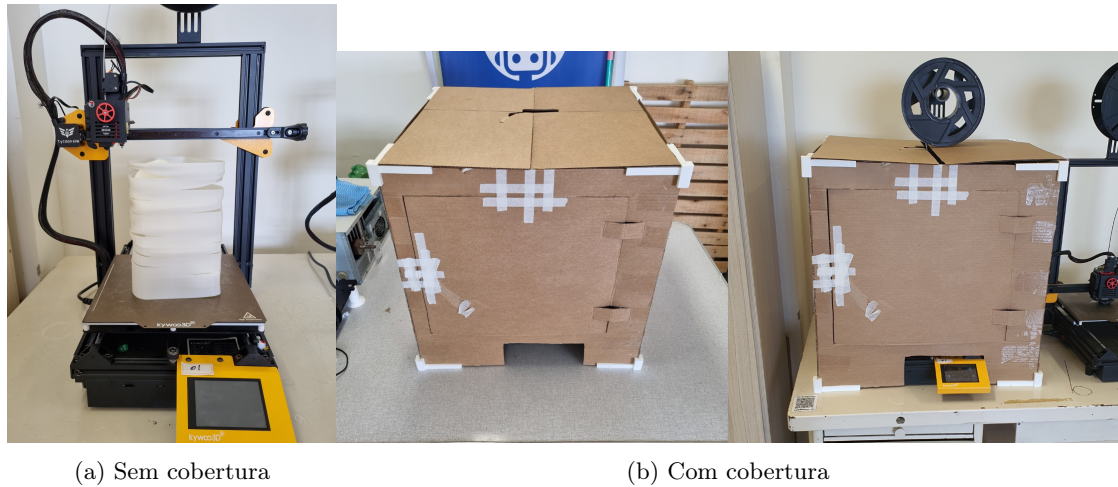


Figura 2: Impressora Tycoon Slim da marca Kywoo, sem e com cobertura de papelão ao redor da impressora, juntamente às cantoneira e fitas para manter a estrutura do papelão. Fonte: o autor.

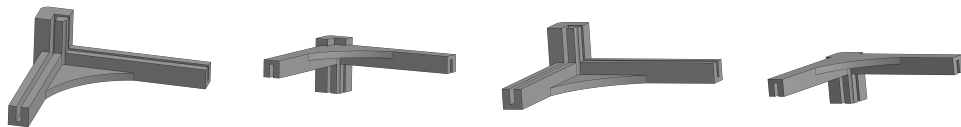


Figura 3: Modelos das cantoneiras superior e inferior feitas no Onshape. Fonte: o autor.

3 Resultados

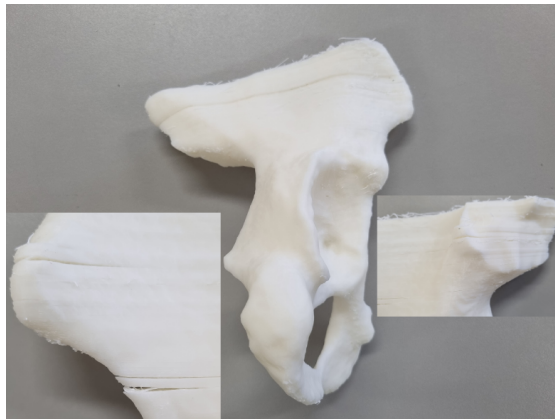
Primeiramente, vale ressaltar que todos os testes foram realizados utilizando as mesmas temperaturas de impressão: 245°C para o bico e 110°C para a mesa. O primeiro teste utilizou a porcentagem de preenchimento de 25% para a impressão com e sem a utilização da cobertura de papelão. As peças impressas são comparadas lado a lado na Figura 4.

Observa-se que, em ambos os cenários, as peças apresentaram rachaduras evidentes. Porém, na impressão sem a cobertura, a qualidade ficou ainda mais comprometida, tendo em vista que a finalização da impressão também foi prejudicada em decorrência da delaminação.

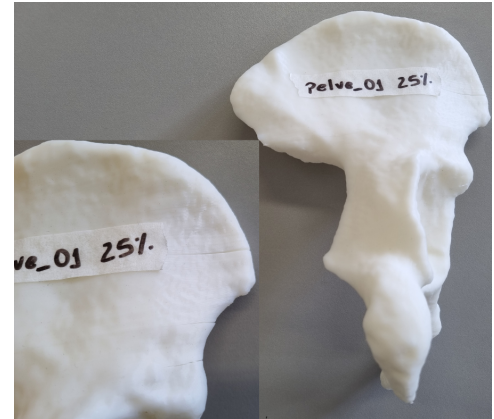
Os próximos dois testes foram feitos usando as porcentagens de preenchimento 20% e 5%, respectivamente, também com e sem a utilização da cobertura. No teste com 20% de preenchimento, as duas impressões também apresentaram rachaduras. Entretanto, a peça impressa utilizando a cobertura sofreu bem menos danos, apresentando fratura em apenas um local da peça (Figura 5).

No teste com 5% de preenchimento, os resultados foram ainda mais satisfatórios em relação ao uso da cobertura. O modelo impresso não demonstrou rachadura, apresentando uma ótima qualidade de impressão. Apesar de menos evidentes quando comparados aos modelos anteriores, a peça sem o uso da cobertura ainda apresentou fraturas em algumas regiões (Figura 6).

Os resultados do trabalho identificam como principais desafios da impressão 3D com filamento ABS em impressoras de baixo custo a ocorrência de delaminação das peças devido à sensibilidade do material a variações térmicas, agravada pela ausência de compartimentos fechados nas impressoras utilizadas. A entrada de correntes de ar e a dificuldade em manter a temperatura constante comprometeram a aderência entre as camadas, especialmente em peças com maior taxa de pre-



(a) Pelve impressa sem a cobertura de papelão.

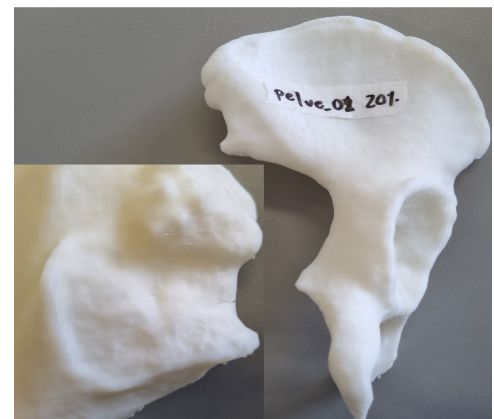


(b) Pelve com a cobertura de papelão.

Figura 4: Comparação de pelves impressas com e sem cobertura de papelão - 25% de preenchimento.
Fonte: o autor.



(a) Pelve impressa sem a cobertura de papelão.



(b) Pelve com a cobertura de papelão.

Figura 5: Comparação de pelves impressas com e sem cobertura de papelão - 20% de preenchimento.
Fonte: o autor.

enchimento e tempo de impressão. Como tentativa de solução, foi desenvolvida uma cobertura provisória de papelão, que, apesar de reduzir parcialmente os problemas, apresentou limitações como dilatação do material, necessidade de reforços com fitas e vedação ineficiente, indicando a necessidade de uma estrutura mais robusta para mitigar os efeitos térmicos durante o processo de impressão.

4 Considerações Finais

Este estudo demonstrou que soluções acessíveis, como a cobertura de papelão, podem reduzir parcialmente os impactos negativos da impressão de ABS em impressoras de câmara aberta. Contudo, a limitação estrutural e térmica desse material evidencia a necessidade de aprimoramentos. Como perspectiva futura, propõe-se a construção de uma câmara mais robusta, utilizando mate-

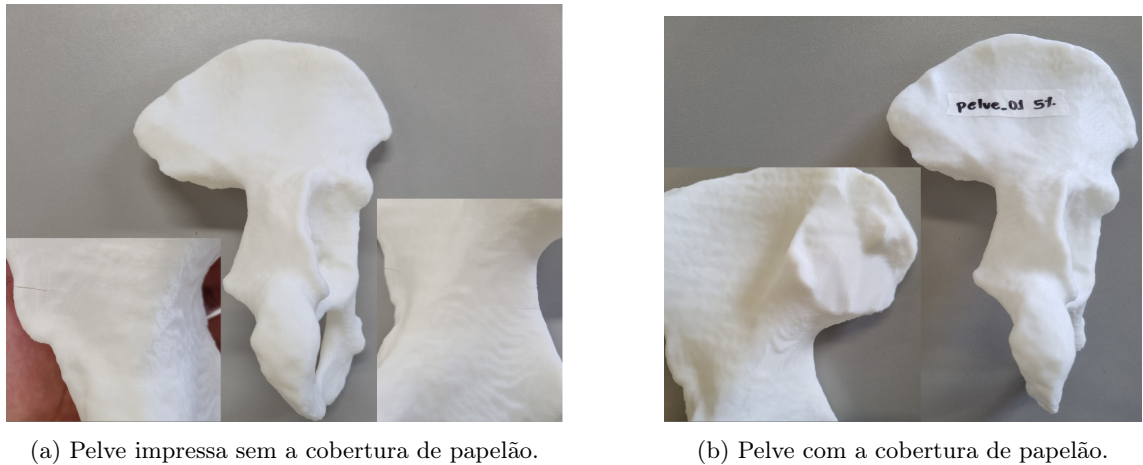


Figura 6: Comparação de pelves impressas com e sem cobertura de papelão - 5% de preenchimento.
Fonte: o autor.

riais como MDF ou acrílico, que garantam maior isolamento térmico e durabilidade. Além disso, sugere-se a realização de testes com sensores para monitoramento da temperatura interna, bem como a experimentação com outros tipos de filamentos que também necessitam de aquecimento da câmara. O aperfeiçoamento dessas estratégias pode ampliar a aplicação da manufatura aditiva no contexto educacional e científico, especialmente em iniciativas de baixo custo e alto impacto social.

Referências

- [1] L. C. D. Aguiar. “Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de ciências”. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista - UNESP, 2016.
- [2] E. Amaro Júnior e H. Yamashita. “Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética”. Em: **Brazilian Journal of Psychiatry** 23 (2001), pp. 2–3. ISSN: 1516-4446. DOI: 10.1590/S1516-44462001000500002.
- [3] P. H. J. Amorim, T. F. de Moraes, F. S. Azevedo e J. V. L. da Silva. “InVesalius: Software livre de imagens médicas”. Em: **Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde (SBCAS)**. SBC. 2011, pp. 1732–1737.
- [4] M. O. Cardoso. “Indústria 4.0: a quarta revolução industrial”. Monografia de Especialização. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.
- [5] E. Q. Florêncio. “A impressão 3D em concreto e seu impacto na produção da arquitetura: o futuro da construção civil?”. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Alagoas, 2019.
- [6] N. A. C. Junior e L. G. Castillo. “Impressão 3D na Cultura do Design Contemporâneo”. Em: **Anais do 11^o Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**. Gramado, RS, Brasil, 2014.

- [7] T. F. Lacerda, A. F. R. Romanielo, S. de Miranda Gomes, J. K. L. de Souza, V. C. de Souza Carvalho, L. C. de Sousa Machado, A. C. H. Chaves e A. C. L. Martins. “Aplicabilidade da impressora 3D na prática médica contemporânea”. Em: **Brazilian Journal of Health Review** 3.1 (2020), pp. 620–625.
- [8] F. Majid, T. Hachimi, H. Rhanim e R. Rhanim. “Delamination effect on the mechanical behavior of 3D printed polymers”. Em: **Fracture and Structural Integrity** 17.63 (2022), pp. 26–36. DOI: 10.3221/IGF-ESIS.63.03.
- [9] C. H. P. Mello, F. N. Guedes, V. J. M. Noronha, A. A. Kawasaki, T. E. de Sousa Rocha, J. R. Ferreira e J. H. C. G. Júnior. “Análise da qualidade superficial e dimensional em peças produzidas por modelagem por deposição de material fundido (FDM)”. Em: **Revista Produção Online** 10.3 (2010), pp. 504–523.
- [10] Autodesk Meshmixer. **Free software for making awesome stuff, 2020**. Online. Acessado em 28/02/2025, <https://www.meshmixer.com/>.
- [11] M. M. Morandini e G. H. Del Vechio. “Impressão 3D, Tipos e Possibilidades: uma Revisão de Suas Características, Processos, Usos e Tendências”. Em: **Revista Interface Tecnológica** 17.2 (2020), pp. 67–77.
- [12] Erick Nunes. **Delaminação na Impressão 3D: Como Evitar e Garantir Qualidade**. Online. Acessado em 28/02/2025, <https://outlet3d.com.br/impressao-3d/delaminacao-impressao-3d/>.
- [13] Onshape. **Site oficial do software Onshape**. Online. Acessado em 28/02/2025, <https://www.onshape.com/en/>.
- [14] J. T. G. Santos e A. F. de Andrade. “Impressão 3D como Recurso para o Desenvolvimento de Material Didático: Associando a Cultura Maker à Resolução de Problemas”. Em: **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação** 18.1 (2020). DOI: 10.22456/1679-1916.106014.
- [15] F. H. Silva, B. C. Silva, R. Oliveira e R. Silva. “Biomodelos Ósseos Produzidos por Intermédio da Impressão 3D: Uma Alternativa Metodológica no Ensino da Anatomia Veterinária”. Em: **Revista de Graduação USP** 2.3 (2017), pp. 95–102. DOI: 10.11606/issn.2525-376X.v2i3p95-102.
- [16] P. C. Silva, R. S. Santandrea, L. C. Brandão, M. V. A. Xavier e V. L. Volpini. “Impressão 3D: Um guia prático”. Em: **Brazilian Journal of Development** 6.11 (2020), pp. 84478–84493.
- [17] Prusa Slicer. **Site oficial do software PrusaSlicer**. Online. Acessado em 28/02/2025, https://www.prusa3d.com/page/prusaslicer_424/.
- [18] T. J. Soares, A. H. Vieira, I. P. Coelho e F. S. Bastos. “Labmaker Multidisciplinar - Tecnologias 3D para Diversas Áreas”. Em: **COBENGE 2024** (2024), p. 5004. DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5004.
- [19] J. G. Q. Sousa. “Efeito dos parâmetros de impressão 3D na resistência à tração de peças impressas com filamento ABS”. Monografia de Especialização. Universidade Federal do Ceará, 2022.